

# КИНЕМАТИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ МЕТАЛЛА И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ПОЛОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

*Костоусова Н. Ф., Логинов Ю.Н.*

*Руководитель - профессор, д.т.н. Логинов Ю.Н.*

УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург,

**omd@mtf.ustu.ru**

Методом конечных элементов решена задача прессования трубной заготовки из титанового сплава. Приведены результаты распределения степени деформации, скорости деформации, среднего напряжения при прессовании полой заготовки. Так же рассмотрено поле скоростей перемещений в виде векторного отображения.

Прессование является главной заготовительной операцией в технологии производства заготовок из цветных металлов и сплавов. В большинстве случаев этот метод обработки предопределяет уровень свойств деформируемого металла [1-5].

Целью работы являлась оценка напряженно-деформированного состояния при прессовании трубных заготовок с различной формой образующей матрицы. В качестве инструмента для анализа использован программный продукт QForm2D/3D, который разрабатывается и поддерживается компанией КванторФорм (Россия). Подробная постановка задачи прессования в упомянутой программе описана в статье [6].

В качестве модельного материала при проведении расчетов использован титановый сплав ВТ6, температура прессования 1000°C. При постановке задачи использовался закон трения по А.Н.Леванову с фактором трения  $\mu=0,3$ . Используемые в расчете размеры заготовки и инструментов:  $D_0=169$  мм и  $D_1=86$  мм – внешний диаметр заготовки соответственно до и после прессования,  $D_{\text{и}}=46$  мм – диаметр иглы,  $S_0=61,5$  мм и  $S_1=20$  мм – толщина стенки заготовки соответственно до и после прессования,  $L=170$  мм – длина заготовки до подхода к поверхности матрицы,  $\alpha=45^\circ$  – угол наклона матрицы (угол между образующей рабочей поверхности матрицы и осью симметрии). Коэффициент теплопередачи 30 Вт/м<sup>2</sup>·град, коэффициент вытяжки равен 5, что соответствует степени деформации  $\square = \ln 5 = 1,6$ .

На рис.1 изображена схема прессования, а областями равного уровня показано распределение деформации в очаге деформации и в готовом изделии при применении конической матрицы с углом наклона образующей 60°. Описание неравномерности распределения деформации в этом случае прессования более подробно приведено в статье [7]. Степень деформации 1,6 достигается ближе к центру заготовки, на периферии максимум степени деформации оказывается равен 2,6, что примерно на 60% выше, чем обеспечивается расчетом через коэффициент вытяжки и что объясняется дополнительными сдвигами вблизи поверхности матрицы.

На рис.2 с помощью векторного отображения приведено поле скоростей перемещений. Модуль вектора отражается длиной соответствующей стрелки, а направление стрелки говорит о направленности вектора. Из рисунка видно, что наименьшее перемещение свойственно областям металла, примыкающим к пресс-шайбе, наибольшие модули достигаются на выходе из очага деформации. Видно, также, что имеются зоны разреженности векторов, т.е. те районы, где модуль вектора близок к нулю, эта зона существует около места стыка втулки контейнера с матрицей.

Сгущение векторов наблюдается ближе к выходу из матрицы. Вблизи конической поверхности матрицы векторы направлены вдоль этой поверхности, что говорит об отсутствии жесткой (мертвой) зоны. Таким образом, заданные условия трения и конфигурация инструмента в этом случае обеспечивают режим скольжения.

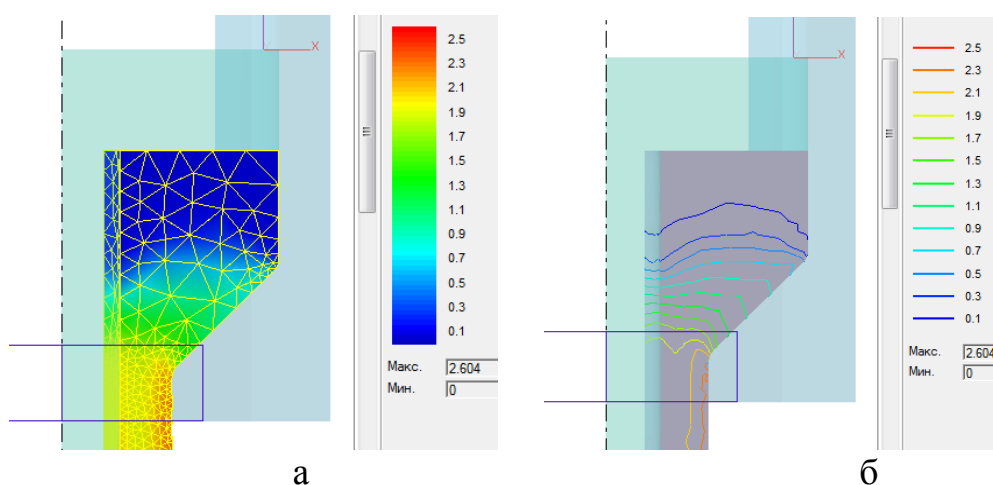


Рис.1. Распределение степени деформации при прессовании полрой заготовки: сетка МКЭ и области цветных уровней (а), линии равного уровня(б)

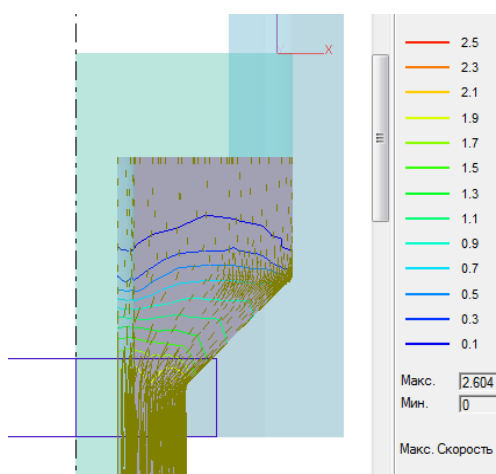


Рис.2. Векторы скоростей перемещений при прессовании полрой заготовки (изолинии отображают степень деформации)

На рис.3 отображены изолинии скоростей деформации. Видно, что существует область повышенных скоростей деформации, и она примыкает к поверхности матрицы. Происходит это вследствие тормозящего действия этой поверхности.

Наличием зоны пониженной скорости деформации можно объяснить эффект минимума объемной доли рекристаллизованных зерен, наблюдаемый при прессовании алюминиевых сплавов [8]. Таким образом, это косвенно подтверждает адекватность полученного решения.

На рис.3,б показано распределение среднего напряжения по объему заготовки. Области наибольших сжимающих напряжений (до 930 МПа) локализованы вдоль стенки контейнера и вдоль рабочей поверхности пресс-шайбы. Средние напряжения снижаются ближе к выходу из очага деформации.

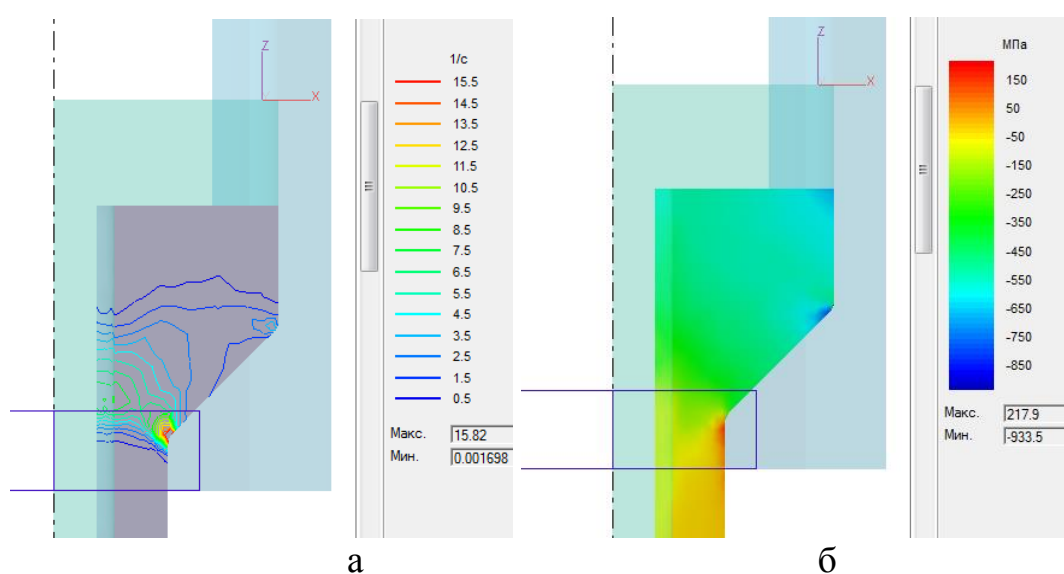


Рис.3. Распределение скорости деформации и среднего напряжения при прессовании полый заготовки

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Duan Xinjian, Velay X., Sheppard T. Application of finite element method in the hot extrusion of aluminium alloys. Materials Science and Engineering A. 2004. V. 369. P. 66–75.
2. Ершов А.А., Котов В.В., Логинов Ю.Н. Возможности QFORM-EXTRUSION на примере прессования сложных профилей. Metallurg, 2011, №10. С.32-37. .
3. Lin Chao, Ransing Rajesh S. An innovative extrusion die layout design approach for single-hole dies Journal Of Materials Processing Technology. 2009. V. 209. P. 3416–3425.
4. Логинов Ю.Н., Ершов А.А., Котов В.В. Тестирование системы DEFORM в режиме расчета деформаций при прессовании титана в 2D и 3D - постановках. Титан, 2011, №3. С.18-24.

5. Gordon W.A., Van Tyne C.J., Moon Y.H.. Overview of adaptable die design for extrusions. *Journal of Materials Processing Technology*. 2007. V.187–188. P. 662–667
6. Логинов Ю.Н., Ершов А.А. Аналитическое исследование с использованием МКЭ прессования альфа – титановых сплавов и прогнозом ориентации текстуры. *Технология легких сплавов*. 2012. №3. С.79-87.
7. Логинов Ю.Н., Котов В.В. Моделирование процесса прессования трубной заготовки из титанового сплава в программе QFORM 2D/3D. *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. 2010. № 12. С. 36-40.
8. Логинов Ю.Н., Илларионов А.Г. Неравномерность структуры прессованных труб из алюминиевого сплава АМгб. *Известия вузов. Цветная металлургия*. 2013. №6. С.35-40.